

Т. Г. Сухоносова, О. А. Кузнецова
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский технический университет
им. Г. И. Носова»,
г. Магнитогорск
tgobuhova@gmail.com, kuznetsova@yandex.ru

РАСЧЕТ СКОРОСТИ ОБЕЗУГЛЕРОЖИВАНИЯ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫБРОСОВ ИЗ КИСЛОРОДНОГО КОНВЕРТЕРА

Проведен анализ существующего типового профиля плавов в кислородном конвертере. Предложена математическая модель оперативного прогнозирования выбросов по скорости обезуглероживания расплава. Скорость обезуглероживания определяется по составу отходящих конвертерных газов. При увеличении скорости обезуглероживания повышается опасность выбросов из конвертера.

Ключевые слова: скорость обезуглероживания, конвертер, выбросы, отходящие конвертерные газы.

Analyzed the existing model profile heats in oxygen furnace. A mathematical model of the operational forecasting of emissions velocity decarburization of the melt. The velocity decarburization is determined by the composition of the exhaust gas converter. By increasing the velocity decarburization increases the risk of emissions from the converter.

Keywords: velocity decarburization, oxygen furnace, emissions, exhaust gas converter.

Сложность и быстрота физико-химических процессов протекающих в кислородном конвертере, высокие температуры и существенный дрейф рабочих параметров плавки, а также повышение требований к технико-экономической эффективности и надежности систем автоматизации требуют разработки более совершенных способов управления.

Целенаправленное изменение протекания технологического процесса в конвертере производится путем изменения параметров дутьевого режима, то есть расхода кислорода и положения фурмы. В условиях крупного металлургического производства для управления конвертерной плавкой используются типовые профили (маски). Под профилем плавки понимается определенный алгоритм перемещения фурмы, изменения расхода кислорода на продувку и подачи материалов по ходу процесса.

Так, например, после анализа принятых стратегий формирования управляющих воздействий на 370-тонном кислородном конвертере с верхней продувкой ККЦ ОАО «ММК» за несколько рабочих смен, было

обнаружено, что перемещение фурмы и расхода кислорода осуществляется по типовым усредненным профилям: на первых 14–15 мин. продувки управляющие воздействия одинаковы для всех конвертерных плавов и не зависят от начального состояния ванны и времени, потраченного на подготовку к плавке. Взятие пробы с помощью машины замера параметров плавки (МЗПП) и ее анализ занимает от 8 до 12 мин., затем по результатам пробы рассчитываются управляющие воздействия и производится додувка в течении 3–5 мин.

Между тем данные по содержанию CO и CO₂ в отходящих газах для анализируемых плавов отличаются, причем значительно. Состав отходящих газов характеризует режим плавки, то есть процесс наведения шлака, уровень ванны, концентрацию углерода в расплаве и другие режимные параметры также значительно отличаются для разных плавов при одном и том же профиле продувки, что свидетельствует о различном начальном состоянии шихтовых материалов и чугуна.

Применение типовых профилей не позволяет учитывать индивидуальные особенности каждой плавки и приводит не только к перерасходу энергоресурсов и времени рабочего цикла, но и к созданию угроз аварийных ситуаций при выбросах из конвертера шлака и расплавленного металла.

В этом случае для предотвращения выбросов и выносов металла из конвертера необходимо разработать подсистему прогнозирования и предотвращения выбросов, основанную на динамической модели конвертерного процесса. Для эффективной работы подсистемы предотвращения выбросов необходимо использовать простую и адекватную динамическую модель, описывающую процессы в конвертерной ванне с использованием относительно несложной современной аппаратуры [1].

Применим модель расчета скорости обезуглероживания металла по составу отходящих из конвертера газов. Резкое возрастание скорости окисления углерода (обезуглероживания) вызывает повышенное выделение продуктов реакции, пенообразования, что в свою очередь приводит к повышению уровня ванны и, как следствие, выбросам шлако-металлической эмульсии из конвертера [2, 3].

Масса углерода, удаляемая с CO за одну секунду $m[C]_{CO}$:

$$m[C]_{CO} = \rho_{ог} \cdot V_{ог} \cdot \frac{[CO]}{100} \cdot \frac{M_c}{M_{CO}} dt \quad (1)$$

Масса углерода, удаляемая с CO₂ за одну секунду $m[C]_{CO_2}$:

$$m[C]_{CO_2} = \rho_{ог} \cdot V_{ог} \cdot \frac{[CO_2]}{100} \cdot \frac{M_c}{M_{CO_2}} dt, \quad (2)$$

где $\rho_{ог} = f(\eta_N, \eta_{CO}, \eta_{CO_2}, T)$ – плотность отходящих газов рассчитывается как функция давления и температуры газов, кг/м³; $V_{ог}$ – объем отходящих из

конвертера газов, $\text{м}^3/\text{с}$; $[\text{CO}]$ – концентрация CO в конвертерных газах, %; $[\text{CO}_2]$ – концентрация CO_2 в конвертерных газах, %; $M_C = 12,01$ – молярная масса углерода; $M_{\text{CO}} = 28,01$ – молярная масса оксида углерода; $M_{\text{CO}_2} = 44,009$ – молярная масса двуокиси углерода; dt – промежуток времени, с.

Скорость обезуглероживания расплава конвертера v_c :

$$v_c = \frac{m[C]_{\text{CO}} + m[C]_{\text{CO}_2}}{dt} \quad (3)$$

Расчет скорости обезуглероживания для трех плавов № 4467, 4470, 4473 для конвертера № 1 представлены на рис. 1. Полученные значения параметров используются для расчета необходимой корректировки расхода кислорода для предотвращения выбросов.

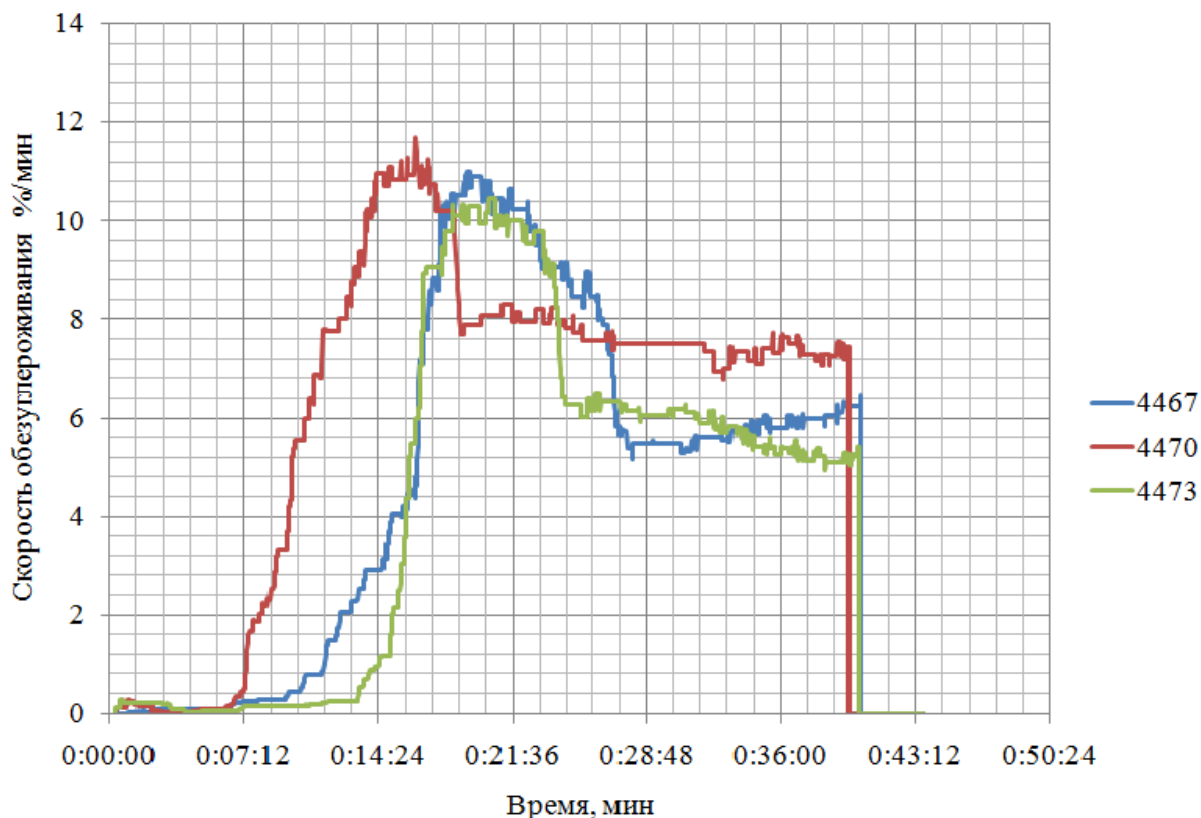


Рис. 1. Расчетные значения скорости обезуглероживания

Подсистема предотвращения выбросов автоматически вносит корректировку в заданный согласно профилю расход кислорода, что вызовет уменьшение скорости обезуглероживания до типовых значений в каждом из периодов плавки, что должно предотвратить появление выброса.

Другим способом использования результатов скорости обезуглероживания является определение текущего содержания углерода и своевременного завершения продувки. Остаточная масса углерода $m_{[C]}(t)$:

$$m_{[C]}(t) = m_{[C]}(0) - \int_0^t v_C dt \quad (4)$$

где $m_{[C]}(0)$ – начальная концентрация углерода в металле.

Предлагаемый метод расчета расхода отходящих газов обеспечивает приемлемую для прогнозирования технологических параметров точность. При использовании рассмотренной модели необходимо применять высокоточные и быстродействующие газоанализаторы и расходомеры.

Список литературы

1. *Рябчиков М. Ю.* К вопросу о моделировании выбросов и выносов из кислородного конвертера / М. Ю. Рябчиков, Т. Г. Сухонослова // Автоматизированные технологии и производства : сб. науч. тр. ; под ред. Б. Н. Парсункина. Вып. 6. Магнитогорск: Изд-во Магнитогор. гос. техн. ун-та, 2014. С. 33–36.
2. *Бойченко Б. М.* Конвертерное производство стали: теория, технология, качество стали, конструкции агрегатов, рециркуляция материалов и экология / Б. М. Бойченко, В. Б. Охотский, П. С. Харлашин. Днепропетровск: Днепр-ВАЛ, 2006. 454 с.
3. *Обухова Т. Г.* Обзор методов математического моделирования процессов в кислородном конвертере при решении задач управления / Т. Г. Обухова, М. Ю. Рябчиков. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования : в 2 т. Т. 2, № 71. 2013. С. 146–148.